

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-073019

(43)Date of publication of application : 18.03.1997

(51)Int.Cl.

G02B 6/12

(21)Application number : 07-251983

(71)Applicant : FUJIKURA LTD

(22)Date of filing : 05.09.1995

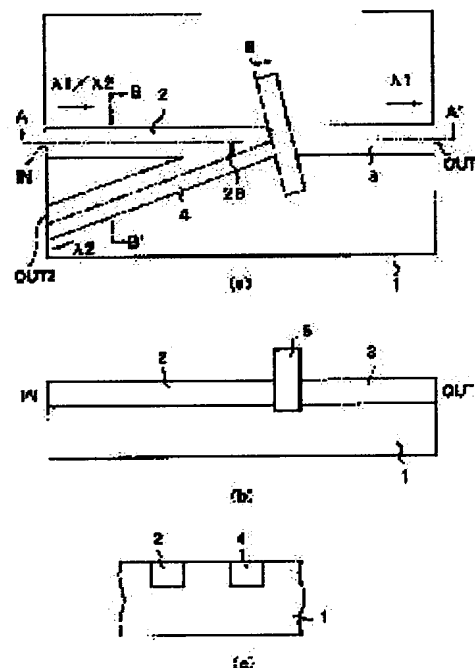
(72)Inventor : HIDAKA HIROMI

## (54) OPTICAL MULTIPLEXER/DEMULTIPLEXER

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical multiplexer/demultiplexer of planer structure surely enabling wavelength separation.

**SOLUTION:** An input port IN is provided at one end of a substrate 1 and a first output port OUT 1 at the other end of the substrate, and a second output port OUT 2 is provided at the end of the same side as the input port IN of the substrate 1, and on the substrate 1, an incident light waveguide path 2 on which light of multiple wavelengths is made incident from the input port 1 and a first outgoing light waveguide path 3 to take a certain wave component out of the waveguide light to the first output port OUT 1 on the prolongation of the incident light waveguide path 2 are formed, and between an incident light waveguide path 2 and a first outgoing light waveguide path 3, an interference filter 5 is buried which reflects and transmits the waveguide light of the incident light waveguide path 2 according to its wavelength to a groove formed with a specific angle tilted from a direction vertical to their optical axis, and between the second output port OUT 2 and the interference filter 5, a second outgoing light waveguide path 4 to take out the reflected light component at the interference filter 5 is formed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 10.06.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 09.03.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-73019

(43) 公開日 平成9年(1997)3月18日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>  
G 0 2 B 6/12

識別記号 庁内整理番号

F I  
G 0 2 B 6/12

技術表示箇所

F

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-251983

(22) 出願日 平成7年(1995)9月5日

(71) 出願人 000005186

株式会社フジクラ

東京都江東区木場1丁目5番1号

(72) 発明者 日高 啓視

千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ  
クラ佐倉工場内

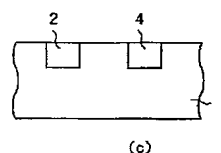
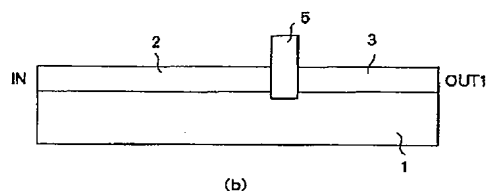
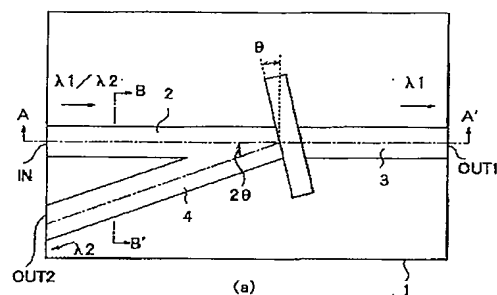
(74) 代理人 弁理士 伊丹 勝

(54) 【発明の名称】 光合分波器

(57) 【要約】

【課題】 確実な波長分離を可能としたプレーナ構造の光合分波器を提供する。

【解決手段】 基板1の一端側に入力ポートIN、他端側に第1の出力ポートOUT1、基板1の入力ポートINと同じ側の端部に第2の出力ポートOUT2が設けられ、基板1に入力ポートINからの複数波長の光が入射される入射用光導波路2と、その延長上にその導波光のある波長成分を第1の出力ポートOUT1に取り出す第1の出射用光導波路3とが形成され、入射用光導波路2と第1の出射用光導波路3の間にそれらの光軸と直交する方向から所定角度傾斜させて形成された溝に入射光導波路2の導波光を波長に応じて反射および透過する干渉フィルタ5が埋め込まれ、第2の出力ポートOUT2と干渉フィルタ5の間に干渉フィルタ5での反射光成分を取り出す第2の出射用光導波路4が形成される。



1

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】 基板と、

この基板に互いの端部が対向して一直線上に並ぶように埋め込み形成された第 1 および第 2 の光導波路と、  
これら第 1 および第 2 の光導波路の間の基板に両光導波路を結ぶ光軸と直交する方向から所定角度傾斜させて埋め込み固定された、入射光を波長に応じて反射および透過する干渉フィルタと、  
前記第 1 の光導波路を前記干渉フィルタへの入射光経路としたときにその反射光経路となるように前記基板に埋め込み形成された第 3 の光導波路とを備えたことを特徴とする光合分波器。

## 【請求項 2】 基板と、

この基板の端部に被着された、入射光を波長に応じて反射および透過する干渉フィルタと、  
一端が前記干渉フィルタに臨むように前記基板に埋め込み形成され前記干渉フィルタと直交する方向から所定角度傾斜させて配置された第 1 の光導波路と、  
この第 1 の光導波路を前記干渉フィルタへの入射光経路としたときにその反射光経路となるように前記基板に埋め込み形成された第 2 の光導波路とを備えたことを特徴とする光合分波器。

【請求項 3】 前記光導波路の前記干渉フィルタへの対向端部は前記干渉フィルタから所定量だけ離れて配置されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の光合分波器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、光導波路とその基板に一体化された干渉フィルタとにより構成される光合分波器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 波長多重の光通信システムにおいて、波長多重された光信号を波長成分毎に分離したり、複数波長の信号を合波する光合分波器は重要なデバイスである。その様なデバイスとして従来、所定形状に加工したガラスブロック体を用いてその複数の面に干渉フィルタを取り付ける構造のものが提案されている（特公平 7-21572 号公報参照）。しかしこのデバイスは、三次元構造となり、小型化が難しい。これに対して、入射用光導波路と複数の出射用光導波路が形成された導波路基板の端面に干渉フィルタを接合してほぼプレーナ構造とした波長分波器も提案されている（特公平 7-15526 号公報参照）。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 上述のプレーナ構造の波長分波器は、入射用光導波路の導波光のうちある波長成分は基板端面の干渉フィルタで反射されて第 1 の出射用光導波路に結合され、干渉フィルタを透過した他の波長成分は干渉フィルタの後方に配置されたスペーサの端

2

面で反射され、干渉フィルタを再び透過して第 2 の出射用光導波路に導入されるように構成されている。即ち、二つの出射用光導波路は、基板上に並行配置されて、導波路基板の入力ポートと同じ側に二つの出力ポートが配置される。

【0004】 しかしこの構成では、干渉フィルタを透過した光ビームは、導波路モードではないからビーム径が拡がり、スペーサ端面で反射されて第 2 の出射用光導波路に結合する際に、第 1 の出射用光導波路にも漏れ成分が結合される。従って確実な波長分離が難しい。干渉フィルタの後方に配置されるスペーサを厚くすれば、2 本の出射用光導波路の間隔をよりあけることができるが、この場合スペーサを往復する光ビームはより拡がるから、漏れ成分の結合がなくなり、根本的解決にならない。

【0005】 この発明は、上記事情を考慮してなされたもので、確実な波長分離を可能としたプレーナ構造の光合分波器を提供することを目的としている。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 この発明に係る光合分波器は、第 1 に、基板と、この基板に互いの端部が対向して一直線上に並ぶように埋め込み形成された第 1 および第 2 の光導波路と、これら第 1 および第 2 の光導波路の間の基板に両光導波路を結ぶ光軸と直交する方向から所定角度傾斜させて埋め込み固定された、入射光を波長に応じて反射および透過する干渉フィルタと、前記第 1 の光導波路を前記干渉フィルタへの入射光経路としたときにその反射光経路となるように前記基板に埋め込み形成された第 3 の光導波路とを備えたことを特徴としている。

【0007】 この発明に係る光合分波器は、第 2 に、基板と、この基板の端部に被着された、入射光を波長に応じて反射および透過する干渉フィルタと、一端が前記干渉フィルタに臨むように前記基板に埋め込み形成され前記干渉フィルタと直交する方向から所定角度傾斜させて配置された第 1 の光導波路と、この第 1 の光導波路を前記干渉フィルタへの入射光経路としたときにその反射光経路となるように前記基板に埋め込み形成された第 2 の光導波路とを備えたことを特徴としている。

【0008】 この発明に係る光合分波器は、第 3 に、上述した光合分波器において、前記光導波路の前記干渉フィルタへの対向端部が前記干渉フィルタから所定量だけ離れて配置されていることを特徴としている。

【0009】 この発明によると、干渉フィルタでの透過経路を介して第 1 の光導波路と結合されると第 2 の光導波路と、干渉フィルタにおいて第 1 の光導波路とは入射光経路と反射光経路の関係となる第 3 の光導波路とが、干渉フィルタを挟んで基板の反対側に配置される。従って、波長分離された出力光の一方が他方に漏れ込んだり、波長多重すべき入力光が他の出力光に漏れ込むとい

3

うことはなく、確実に波長分離が行われる。

【0010】この発明の第1の光合分波器においては、例えば第1の光導波路を介して干渉フィルタに光を入射させると、所定波長成分は干渉フィルタを直進透過して第2の光導波路に結合され、他の波長成分は干渉フィルタで反射されて第3の光導波路に結合される。このとき、干渉フィルタが、第1の光導波路と第3の光導波路の光軸の交差位置に正確に配置されれば、干渉フィルタでの反射光は損失なく第3の光導波路に結合される。但し、干渉フィルタの位置が僅かにずれると損失が生じる。

【0011】上述の位置ズレに対しては、第3の光合分波器が有効になる。即ち第3の光合分波器では、第1ないし第3の光導波路の干渉フィルタへの対向端部が干渉フィルタから所定量だけ離れて配置されるので、例えば第1の光導波路に光を導入したとき、その導波光は出射エッジから輻射されてクラッド層（基板）を伝搬しその輻射光が干渉フィルタで波長分離されて第2、第3の光導波路に結合されるようになっている。この様に第1の光導波路から干渉フィルタを介して第3の光導波路への伝搬光を導波路モードではなく輻射光とすることにより、モードフィールドが広がるため、干渉フィルタの配置に多少の位置ズレがあっても大きな損失になることなく、第3の光導波路への結合が可能になる。しかも、第2の光導波路は干渉フィルタに対して第3の光導波路と反対側に位置しているので、上述したモードフィールドの広がりを利用しても、第3の光導波路に結合されるべき光が第2の光導波路に漏れ込むということはない。

【0012】更に第2の光合分波器では、導波路基板の端面に干渉フィルタが被着されるため、基板上に溝加工を行って干渉フィルタを埋め込む場合に比べて、干渉フィルタの反射面の位置決めは正確に行われ、反射光は損失なく出射用導波路に結合できる。しかも、干渉フィルタの透過光は、再度導波路基板に戻されることはなく、第2の光導波路とは反対側の基板端面から取り出され、例えばファイバ等に結合される。従ってやはり、透過光成分の一部が反射光成分に混じり込むということはなく、確実な波長分離が行われるだけでなく、第1の光合分波器に比べて小型化が可能になる。干渉フィルタを基板に埋め込むための精密加工工程が必要ない点も有利である。なお、この光合分波器においても、第1及び第2の光導波路の干渉フィルタへの対向端部を干渉フィルタから所定量だけ離して配置することにより、干渉フィルタの位置ズレによる影響を低減することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この発明の実施例を説明する。図1はこの発明の一実施例による波長分離素子であり、(a)が平面図、(b)、(c)はそれぞれ(a)のA-A'、B-B'断面図である。また図2は斜視図である。

4

【0014】この波長分離素子は、基板1の一端側に入力ポートINが設けられ、他端側に第1の出力ポートOUT1が設けられ、基板1の入力ポートINと同じ側の端部に第2の出力ポートOUT2が設けられている。基板1はこの実施例の場合、石英基板であって、その表面に反応性イオンエッチングにより溝加工を行い、その溝にガラスを埋め込んで、例えば $8\mu\text{m} \times 8\mu\text{m}$ の断面を持つ光導波路2、3、4が形成されている。光導波路2は、入力ポートINから導入される複数波長成分を含む光、例えば波長 $\lambda_1 (=1.30\mu\text{m})$ 、 $\lambda_2 (=1.55\mu\text{m})$ の波長多重信号光が入射される入射用光導波路である。この入射用光導波路2の延長上にその導波光のうち波長 $\lambda_1$ の成分を第1の出力ポートOUT1に取り出す第1の出射用光導波路3が入射用光導波路2と一直線上に並んで形成されている。

【0015】基板1の入射用光導波路2と第1の出射用光導波路3の間には、それらの光軸と直交する方向から所定角度 $\theta$ （例えば $\theta = 8^\circ$ ）傾斜させて形成された約 $25\mu\text{m}$ の溝に、 $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m} \times 25\mu\text{m}$ の干渉フィルタ5が埋め込み固定されている。この干渉フィルタ5は、入射光導波路2の導波光のうち、波長 $\lambda_1$ の成分は透過し、波長 $\lambda_2$ の成分は反射するもので、例えば図3に示すように、 $\lambda_1$ と $\lambda_2$ の間にエッジ波長 $\lambda_0$ を有する誘電体多層膜フィルタからなる短波長透過フィルタ（SWPF）である。そして基板1の第2の出力ポートOUT2と干渉フィルタ5の間には、干渉フィルタ5での反射光成分、即ち波長 $\lambda_2$ の成分光を取り出す第2の出射用光導波路4が形成されている。即ち、入射用光導波路2と第2の出射用光導波路4とは、 $2\theta$ の角度をなして干渉フィルタ5の面で交差して、干渉フィルタ5での入射光経路と反射光経路の関係を満たすように配置されている。

【0016】この波長分離素子では、入力ポートINから入射用光導波路2に導入された $\lambda_1/\lambda_2$ の波長多重信号光は、干渉フィルタ5において $\lambda_1$ 成分はほぼ100%近い透過率で透過して第1の出射用光導波路3に結合されて導波され、第1の出力ポートOUT1から取り出される。また $\lambda_2$ 成分は干渉フィルタ5においてほぼ100%の反射率で反射されて第2の出射用光導波路4に結合されて導波され、第2の出力ポートOUT2から取り出される。従って波長分離された光の一方が戻されることはなく、確実な波長分離が行われる。

【0017】この実施例の場合、干渉フィルタ5の反射面は、入射光導波路2と第2の出射用光導波路4の光軸が交差する点に、 $0.5\mu\text{m}$ 程度以下の高精度で位置合わせされることが重要である。即ち、干渉フィルタ5の厚みは $25\mu\text{m}$ であるのに対し、光導波路4の断面は $8\mu\text{m} \times 8\mu\text{m}$ と小さく、かつ光導波路2、3の光軸と直交する方向に対する干渉フィルタ5の傾斜角度 $\theta$ は例えば $8^\circ$ であるから、干渉フィルタ5の光軸方向の僅かな位

5

置ズレや設置角度誤差が生じると、反射光の一部が第2の出射光導波路4に結合されずに損失となるからである。

【0018】図4は、上述した位置ズレの影響を低減した実施例の波長分離素子の平面図を、図1(a)に対応させて示す。基本的な構成は先の実施例と同様であり、先の実施例と対応する部分には先の実施例と同一符号を付して詳細な説明は省く。この実施例では、入射光導波路2の出射エッジ21と干渉フィルタ5の間、第1の出射光導波路3の入射エッジ31と干渉フィルタ5の間、第2の出射光導波路4の入射エッジ41と干渉フィルタ5の間にそれぞれ所定の間隙を設けている。光導波路2、4と光導波路3の間の距離は、例えば45~50μm程度に設定する。

【0019】この実施例の場合、入射光導波路2を導波された光は、出射エッジ21で基板1（即ち光導波路2にとってはクラッド層）に輻射され、この輻射光が干渉フィルタ5に入って透過および反射されて、第1、第2の出射光導波路3、4のそれぞれ入射エッジ31、42に結合される。導波路端面からの輻射によりモードフィールドが広がるから、入射エッジ31、41にはそれぞれ透過光、反射光の100%の結合はない。しかし入射エッジ31、41で光導波路3、4に結合されなかった光もその進行の過程で基板1より屈折率の高い光導波路3、4に徐々に移っていく。従って、図1の実施例と比較すると、図1の実施例において干渉フィルタ5の位置ズレがない場合に比べて損失は殆ど無視できる程度であり、位置ズレが生じたとしてもその影響が少なく、僅かの位置ズレがあってもほぼ一定に近い透過光、反射光出力が得られる。

【0020】図5は、対向する導波路端面間の距離と両者間での光の損失との関係を示すグラフである。なお、図中Iは両導波路間がクラッド材料で満たされている場合、同じくIIは両導波路間が空気である場合をそれぞれ示している。この図から明らかなように、両導波路間がクラッド材料で満たされている場合には、モードフィールドの広がりが小さくなるため、両者の間隔が70μm離れていても、その損失は0.1dB程度であり、殆ど損失のない接続が可能になる。また、干渉フィルタ5の傾斜角度θは、干渉フィルタ5での反射光が入力ポート側に戻らないような角度、例えば8°又はそれ以上に設定すればよい。しかし、あまり角度をつけすぎると、波束の反射が空間的に異なった場所で行われ、波束形状が変わってしまうため、好ましくは8°~10°に設定する。

【0021】図6は、この発明の更に別の実施例の波長分離素子を示す平面図である。先の実施例と対応する部分には先の実施例と同一符号を付してある。この実施例においては、基板1の入力ポートIN側端部から第1の出力ポートOUT1側端部までを横切るように入射用光

6

導波路2が形成されている。そして、基板1の第1の出力ポートOUT1側端面は入射用光導波路2と直交する方向から所定角度傾斜させており、この端面に入射用光導波路2の導波光のうちλ1の波長成分を透過して第1の出力ポートOUT1に取り出す干渉フィルタ5が被着されている。基板1の第2の出力ポートOUT2と干渉フィルタ5の間には先の実施例と同様に、干渉フィルタ5でのλ2の反射光成分を取り出す出射用光導波路4が形成されている。即ち、先の各実施例における第1の出射用導波路3はこの実施例では省略されている。

【0022】この実施例においても、二つの出力ポートOUT1、OUT2が基板の対向する端面に配置されて、干渉フィルタ5で分離された光成分の一方が他方に混入するということはない。干渉フィルタ5は基板1の端面に被着されるから、図1の実施例の場合に生じる位置ズレはない。また出射光導波路が一つ少なくなり、素子全体がより小型になる。また、この形態の波長分離素子においても、図7に示すように、導波路2、4の端面21、41を干渉フィルタ5から所定量だけ離すようにすれば、干渉フィルタ5に位置ズレが発生してもその影響を低減することができる。

【0023】なお実施例では、干渉フィルタとしてあるエッジ波長より短波長成分を透過するSWPFを用いたが、あるエッジ波長より長波長成分を透過する長波長透過フィルタ(LWPF)を用いることも可能である。また光導波路構造は、石英基板にガラス層による光導波路を設けたものに限らず、ガラス基板にZnS導波路を設けたもの、GaAs基板AlGaAs導波路を設けたもの等、他の材料系を用いることができる。また実施例では、基板に形成された光導波路の表面は空気に接する開放面としているが、光導波路上にクラッド層を設けた構造としても良い。更に、実施例では分波器を説明したが、光導波路3、4をそれぞれ波長λ1、λ2の入射用導波路とし、光導波路2を出射用導波路として、合波器として用いる場合もこの発明は有効である。

【0024】

【発明の効果】以上述べたようにこの発明によれば、干渉フィルタでの透過経路を介して第1の光導波路と結合されると第2の光導波路と、干渉フィルタにおいて第1の光導波路とは入射光経路と反射光経路の関係となる第3の光導波路とが、干渉フィルタを挟んで基板の反対側に配置されて、波長分離された出力光の一方が他方に漏れ込んだり、波長多重すべき入力光が他の出力光に漏れ込むということではなく、確実に波長分離が行われるようにしたプレーナ型の光合分波器を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の一実施例に係る波長分離素子を示す平面図と断面図である。

【図2】 同実施例の波長分離素子の斜視図である。

【図3】 同実施例に用いる干渉フィルタの透過率特性

7

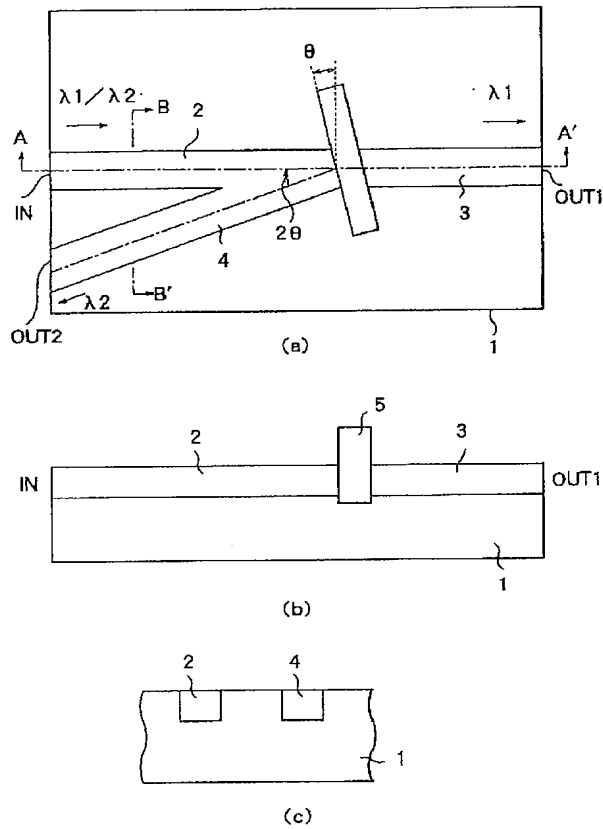
である。

【図 4】 この発明の他の実施例に係る波長分離素子を示す平面図である。

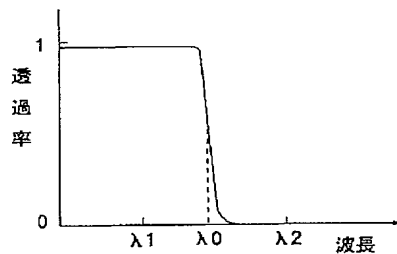
【図 5】 同実施例の作用を説明するためのグラフである。

【図 6】 この発明の他の実施例に係る波長分離素子を示す平面図である。

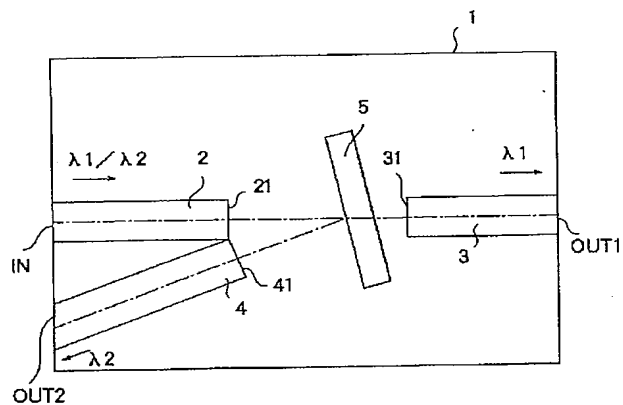
【図 1】



【図 3】



【図 4】



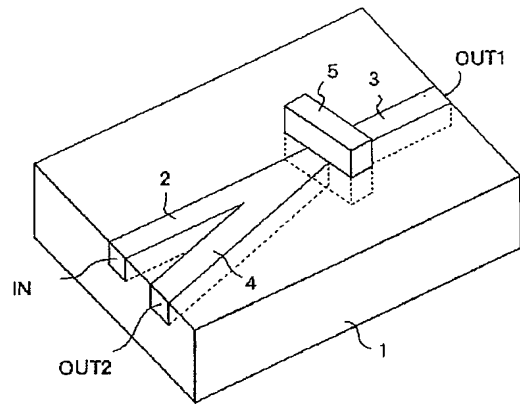
8

【図 7】 この発明の他の実施例に係る波長分離素子を示す平面図である。

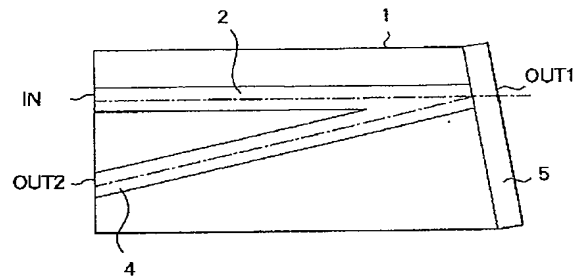
【符号の説明】

1…基板、2…入射用光導波路、3…第 1 の出射用光導波路、4…第 2 の出射用光導波路、5…干渉フィルタ、IN…入力ポート、OUT 1…第 1 の出力ポート、OUT 2…第 2 の出力ポート。

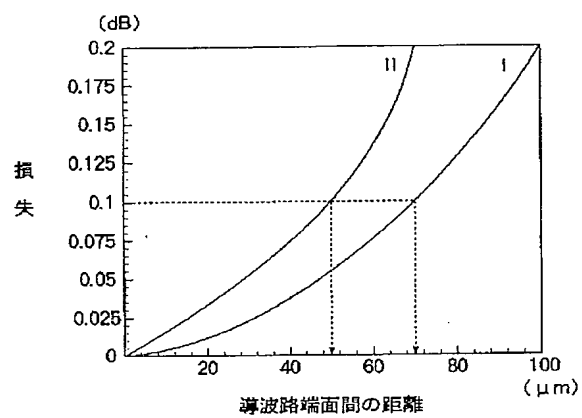
【図 2】



【図 6】



【図 5】



【図 7】

